

**PENGARUH PENAMBAHAN *EVAPORATOR TUBE*
BERBAHAN *STAINLESS STEEL*
PADA *MESO-SCALE COMBUSTOR* TABUNG
TERHADAP STABILITAS NYALA API BUTANA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Kepada
Universitas Muhammadiyah Malang
Untuk Memenuhi Persyaratan Akademik Dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Teknik (S1)



Disusun oleh:

ARVAN LATHIF KHOIRURROZIQIN

201310120311139

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG
2018**

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR
PENGARUH PENAMBAHAN *EVAPORATOR TUBE*
BERBAHAN *STAINLESS STEEL*
PADA *MESO-SCALE COMBUSTOR* TABUNG
TERHADAP STABILITAS NYALA API BUTANA

Diajukan kepada
Universitas Muhammadiyah Malang
Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Disusun Oleh

Nama : Arvan Lathif Khoirurroziqin

NIM : 201310120311139

Malang, 26 Januari 2018

Yang telah disahkan oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

(Ir. Achmad Fauzan HS, MT)
NIP. 108.9208.0279

(Ardi Lesmawanto, ST., MT)
NIDN. 709098202

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

(Ir. Daryono, MT)
NIP. 108.8909.0124

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT Yang Maha Kuasa atas segala limpahan Rahmat serta Kasih Sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul “Pengaruh Penambahan *Evaporato Tube* Berbahan *Stainless Steel* Terhadap Stabilitas Nyala Api Pada *Meso-Scale Combustor* Berbentuk Tabung Berbahan Bakar Gas (Butana)”. Sholawat serta salam selalu terlimpah kepada Rasulullah Muhammad SAW. beserta keluarga dan para sahabatnya hingga akhir zaman.

Penulisan skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang. Dalam penyusunan skripsi ini banyak hambatan serta rintangan yang penulis hadapi namun pada akhirnya dapat dilalui berkat adanya bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak baik secara moral maupun spiritual. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Allah SWT Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
2. Kedua orang tua tercinta, Ibunda Siti Utifah dan Ayahanda Ary Pudji Utomo yang telah memberikan dukungan moral maupun materil serta memberikan doa tiada henti kepada penulis.
3. Bapak Ir. Achmad Fauzan HS, MT dan bapak Ardi Lesmawanto, ST., MT selaku Dosen Pembimbing yang telah berkenan memberikan tambahan ilmu dan solusi pada setiap permasalahan atas kesulitan dalam penulisan skripsi ini.
4. Bapak Ir. Daryono, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin yang berkenan memberikan pengarahan kepada penulis.
5. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Malang yang telah memberikan bimbingan dan pengetahuan yang sangat bermanfaat selama perkuliahan.

6. Bapak satpam UMM yang telah memberikan tambahan pengalaman terkunci jam 11 malam di Jurusan Teknik Mesin bersebelahan dengan kamar mayat.
7. Seluruh tim *meso-scale combustor* yang telah bergotong royong menghidupkan dan menstabilkan nyala api.
8. Seluruh teman seangkatan, terutama kelas Mesin C angkatan 2013 yang selalu mengisi hari-hari menjadi sangat menyenangkan.
9. Serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu memberikan dukungan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dikarenakan terbatasnya pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan segala bentuk saran serta masukan bahkan kritik yang membangun dari berbagai pihak. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan semua pihak khususnya dalam Bidang Teknik Mesin.

Penulis

Arvan Lathif Khoirurroziqin

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
POSTER	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR KONSULTASI / ASISTENSI	iv
LEMBAR SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Baterai	8
2.2. Micro Power Generator (MPG)	9
2.3. <i>Micro-Scale Combustor</i>	12
2.4. Teori Dasar Pembakaran	14
2.4.1. Rasio Ekuivalen (Φ)	16
2.4.2. Air Fuel Rasio (AFR)	17
2.4.3. Temperatur Nyala Api	19
2.5. Batas Mampu Nyala (<i>Flammability Limit</i>)	20
2.6. Bahan Bakar Gas (Butana)	22
2.7. Perpindahan Kalor (Konveksi)	23
2.8. Hasil Penelitian Sebelumnya	24

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian	27
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian	27
3.3. Variabel Penelitian	27
3.4. Peralatan Penelitian	28
3.5. Skema Instalasi Penelitian	37
3.6. Metode Pengambilan Data	39
3.7. Flowchart Alur Penelitian	40

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Hasil Penelitian	41
4.2. <i>Flammability Limit</i> (Batas Nyala Api)	41
4.3. Pengolahan Data <i>Flammability Limit</i>	46
4.4. Pembahasan <i>Flammability Limit</i>	51
4.5. Pengambilan Data Visualisasi dan Temperatur Nyala Api	53
4.6. Visualisasi Nyala Api dan Temperatur	59
4.7. Perpindahan Kalor dan Massa	64

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	66
5.2. Saran	67

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. <i>Micro Power Generator</i> dengan siklus daya konvensional	10
Gambar 2.2. <i>Micro Power Generator</i> dengan prinsip <i>thermoelectric</i>	10
Gambar 2.3. Ilustrasi proses pembakaran	15
Gambar 2.4. Proses atomisasi bahan bakar cair menggunakan <i>electrospray</i>	24
Gambar 2.5. Pembakaran bahan bakar cair pada <i>Meso-scale combustor</i> dengan menggunakan <i>electrospray</i>	25
Gambar 2.6. <i>Meso-scale Combustor</i> tampak samping	26
Gambar 2.7. Visualisasi bentuk nyala api pada <i>meso-scale combustor</i>	27
Gambar 3.1. Foto <i>meso-scale combustion</i>	29
Gambar 3.2. <i>Section view</i>	29
Gambar 3.3. <i>Explode view meso-scale combustor</i>	30
Gambar 3.4. Dimensi <i>meso-scale combustor</i>	30
Gambar 3.5. <i>Flame Holder mesh</i>	31
Gambar 3.6. Lem keramik	31
Gambar 3.7. LPG	32
Gambar 3.8. Pemantik api panjang	32
Gambar 3.9. Kompresor	33
Gambar 3.10. <i>Flowmeter</i> udara dan bahan bakar	34
Gambar 3.11. <i>Pisco tube</i> dan <i>connector pneumatic</i>	35
Gambar 3.12. Regulator kompresor	36
Gambar 3.13. <i>Lens Adaptor</i> dan cara pemasangan	36
Gambar 3.14. <i>Lens Adaptor</i> dan cara pemasangan	37
Gambar 3.15. Skema instalasi alat penelitian	37
Gambar 3.16. <i>Flowchart</i> alur penelitian	40
Gambar 4.1. Grafik kalibrasi debit bahan bakar (Q_f)	43
Gambar 4.2. Grafik <i>flammability limit</i>	51

Gambar 4.3. <i>Flammability limit</i> untuk titik pengambilan visualisasi dan temperatur nyala api	54
Gambar 4.4. Peletakan <i>thermocouple</i> pada <i>meso-scale combustor</i> menggunakan <i>evaporator tube</i>	59
Gambar 4.5. Persebaran campuran bahan bakar dan udara pada visualisasi nyala api	60
Gambar 4.6. Visualisasi nyala api dengan nilai rasio ekuivalen 1,28 dan kecepatan reaktan bervariasi (tampak depan) (dengan <i>body stainless steel</i>)	61
Gambar 4.7. Visualisasi nyala api dengan nilai rasio ekuivalen 1,28 dan kecepatan reaktan bervariasi (tampak depan) (tanpa <i>body stainless steel</i>)	46
Gambar 4.8. Visualisasi nyala api dengan kecepatan reaktan 38 cm/s dan rasio ekuivalen bervariasi (tampak depan) (dengan <i>body stainless steel</i>)	63
Gambar 4.9. Visualisasi nyala api dengan kecepatan reaktan 38 cm/s dan rasio ekuivalen bervariasi (tampak depan) (tanpa <i>body stainless steel</i>)	63
Gambar 4.10. Siklus kalor	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Batas Mampu Nyala	21
Tabel 4.1. Pengambilan data <i>flammability limit</i> untuk Q_f konstan	42
Tabel 4.2. Pengambilan data <i>flammability limit</i> untuk Q_f konstan	42
Tabel 4.3. Data Kalibrasi nilai bahan bakar dari C_3H_8 ke C_4H_{10}	43
Tabel 4.4. Pengambilan data <i>flammability limit</i> untuk Q_f konstan (<i>line 6 evaporator tube</i>)	45
Tabel 4.5. Pengambilan data <i>flammability limit</i> untuk Q_f konstan (<i>line 6 tanpa evaporator tube</i>)	45
Tabel 4.6. Hasil perhitungan data <i>flammability limit</i> untuk <i>flame holder mesh line 6 (evaporatur tube)</i>	50
Tabel 4.7. Hasil perhitungan data <i>flammability limit</i> untuk <i>flame holder mesh line 6 (tanpa evaporatur tube)</i>	51
Tabel 4.8. Hasil perhitungan data visualisasi untuk <i>meso-scale combustor</i> <i>evaporatur tube</i> dengan Φ konstan	58
Tabel 4.8. Hasil perhitungan data visualisasi untuk <i>meso-scale combustor</i> <i>evaporatur tube</i> dengan U konstan	59

DAFTAR PUSTAKA

- Pello, Fernandez, A. C. 2002. **Micropower generation using combustion: Issues and approaches**; *Proceedings of the Combustion Institute*, 29.1, 883–899.
- Kaoru Maruta. 2011. **Micro and Mesoscale Combustion**; *Proceedings of the Combustion Institute*, 33.1, 125–50.
- Wardana, I. N. G. 2008. **Bahan bakar dan Teknologi pembakaran**; *Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya*:Malang.
- Perry, R. H., Perry's. 1997. **Chemical Engineers' Handbook**; 7th Edition, Mc Graw Hill Companies Inc., New York, pp. table 2-1 & 2-2.
- David C. Walther and Jeongmin Ahn. 2011. **Advances and Challenges in the Development of Power-Generation Systems at Small Scales**; *Progress in Energy and Combustion Science*, 37.5, 583–610.
- Umrowati, Widodo, B. & Kamiran. 2011. *Pengaruh perpindahan panas terhadap karakteristik lapisan batas pada pelat datar*, 1–9.
- Lilis Yulianti, 2014. **Flame Stability of Gaseous Fuel Combustion inside Meso-Scale Combustor with Double Wire Mesh**; *Applied Mechanics and Materials*, 664, 231–35.
- Hery Soegiharto, Achmad Fauzan, I. N.G. Wardana, Lilis Yuliati, and Mega Nursasongko. 2017. **The Role of Liquid Fuels Channel Configuration on the Combustion inside Cylindrical Mesoscale Combustor**; *Journal of Combustion*, 2017.
- Walther, D. C., & Ahn, J. 2011. **Advances and challenges in the development of power-generation systems at small scales**; *Progress in Energy and Combustion Science*, 37.5, 583–610.